Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik
ISSN 1411 - 0903
Vol. 12, No. 3, November 2010: 117 - 125

ANALISIS *VALUE AT RISK* DIBAWAH *CAPITAL ASSET PRICING MODEL* BERDISTRIBUSI KOYCK DENGAN VOLATILITAS TAK KONSTAN DAN EFEK *LONG MEMORY*

Sukono[1], Subanar[2] dan Rosadi, D.[3]

[1]Jurusan matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Jatinangor Km 21, Jatinangor, Sumedang-Bandung, Telp./Faks. : 022-7794696, e-mail: fsukono@yahoo.com
[2,3]Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Gajah Mada, Jl. Sekip Utara Bulak Sumur 21, Yogyakarta 55281,Telefon/Faks: 0274-902360
E-mail:`subanar@yahoo.com & [3]email: dedirosadi@ugm.co.id

ABSTRAK

Dalam paper ini dianalisis *Value-at-Risk* (*VaR*) dibawah *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) yang berdistribusi Koyck dengan volatilitas tak konstan dan efek *long memory*. Diasumsikan bahwa tingkat pengembalian saham dibawah CAPM dengan *lagged*. Untuk mengestimasi koefisien beta dalam CAPM dengan *lagged*, dilakukan dengan pendekatan distribusi Koyck. *VaR*, sebagai ukuran tingkat risiko investasi, dirumuskan berdasarkan CAPM dengan *lagged* yang berdistribusi Koyck. Dengan asumsi bahwa tingkat pengembalian indeks pasar memiliki volatilitas tak konstan, dimodelkan dengan model-model *generalized autoregressive conditional heteroscedastic* (GARCH). Sedangkan efek *long memory* dianalisis menggunakan model *autoregressive fractional integrated moving average* (ARFIMA). Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat pengembalian indeks pasar terdapat efek *long memory.* Model rata-rata dan variansi tingkat pengembalian indeks pasar terdiferensi mengikuti model ARMA(1,1)-GARCH(1,1). Dibawah CAPM yang berdistribusi Koyck, masing-masing tingkat pengembalian saham-saham S_1 sampai dengan S_{10} menghasilakan *VaR* relatif kecil, dengan kinerja cukup tepat. Dari saham-saham S_1 sampai dengan S_{10}, risiko terkecil pada saham S_6 dengan *VaR* adalah 0,036540 dan risiko terbesar pada saham S_2 dengan *VaR* adalah 0,104079.

Kata Kunci: CAPM, distribusi Koyck, model ARFIMA, model GARCH, *VaR*.

ANALYSIS OF *VALUE AT RISK* UNDER *CAPITAL ASSET PRICING MODEL* KOYCK DISTRIBUTED WITH NON CONSTANT VOLATILITY AND LONG MEMORY EFFECT

ABSTRACT

In this paper we analyzed the *Value-at-Risk* (*VaR*) under Capital Asset Pricing Model (CAPM) that Koyck distributed with non constant volatility and long memory effects. Assumed that the return of stock under CAPM with lagged. To estimate the beta coefficient in the CAPM with lagged, we do it by Koyck distribution approach. *VaR* as a measure of the risk investment level, we formulated based on the CAPM with lagged that Koyck distributed. With the assumption that the return of the market index has non constant volatility, we modeled by generalized autoregressive conditional heteroscedastic (GARCH) models. While the long memory effects be analyzed by autoregressive fractional integrated moving average (ARFIMA) model. The results of the analyzed showed that the return of market index be found as long memory effect. Mean and variance models of the return of the market index differenced by following the ARMA(1,1)-GARCH(1,1) model. Under the CAPM that Koyck distributed, each of the return of S_0 until S_{10} stocks produce the small relative of *VaR*, with better sufficient performance. From S_1 until S_{10} stocks, there is smallest risk on S_6 stock with the *VaR* is 0.036540 and the largest risk on S_6 with the *VaR* is 0.104079.

Keywords: CAPM, Koyck distribution, ARFIMA model, GARCH model, *VaR*.

PENDAHULUAN

Investor dalam berinvestasi sering dihadapkan pada masalah risiko. Risiko investasi adalah kemungkinan hasil pengembalian yang diperoleh menyimpang dari yang diharapkan. Risiko investasi muncul karena adanya kondisi ketidakpastian perkembangan harga saham di pasaran (Hanafi, 2006). Ketidakpastian dapat tercermin dari fluktuasi pergerakan harga yang tinggi. Semakin tinggi fluktuasi, semakin besar tingkat ketidakpastiannya. Biasanya akan memiliki tingkat risiko yang tinggi pula (Jogiyanto, 2007; Yuliati dkk., 1996).

Risiko perlu diidentifikasi, dievaluasi dan diukur, serta dikelola. Identifikasi risiko dilakukan untuk mengenali risiko apa saja yang akan dihadapi oleh investor. Risiko standar yang mungkin terjadi dalam investasi saham adalah rugi akibat harga sahamnya turun (jatuh) (Alexander, 1999). Pengukuran dan evaluasi risiko dilakukan dengan tujuan untuk memahami karakteristik risiko dengan baik (Dowd, 2002; Denuit *et al.*, 2005). Jika investor memperoleh pemahaman yang lebih baik, maka risiko akan lebih mudah dikendalikan. Secara sistematis, evaluasi risiko dilakukan untuk mengukur besarnya tingkat risiko investasi. Pengelolaan risiko erat kaitannya dengan manajemen risiko, bertujuan untuk meminimalisir kerugian yang mungkin terjadi (Cheng *et al.*, 2004; Hanafi, 2006). Banyak cara dapat dilakukan dalam pengelolaan risiko, misalnya dengan menghindari atau melakukan diversifikasi investasi (Yuliati dkk., 1996; Elton & Gruber, 1991).

Analisis investasi dapat dilakukan dengan beberapa model, seperti *Capital Asset Pricing Model* (Allen & Bujang, 2009; Firnandez, 2002), model transfomasi Koyck (Franses & Van Oest, 2004), model *long memory* (Korkmaz *et al.*, 2009; Kang & Yoon, 2007), model-model GARCH (Shi-Jie Deng, 2004; Sukono dkk*.,* 2006) dan model *Value-at-Risk* (Froot *et al.*, 2007; Khindanova & Rachev, 2005). *Value-at-Risk* (VaR), sampai saat ini telah menjadi populer sebagai alat pengukuran risiko investasi.

Dalam paper ini dirumuskan pengukuran risiko, *VaR* di bawah *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) terdistribusi Koyck dengan asumsi bahwa tingkat pengembalian indeks pasar memiliki volatilitas tak konstan dan terdapat efek *long memory*. Perumusan ini perlu dilakukan, karena tidak sedikit data tingkat pengembalian saham yang memiliki karakteristik dalam perumusan ini. Selanjutnya, hasil perumusan ini digunakan untuk menganalisis beberapa saham yang dijual-belikan di bursa pasar modal.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Data yang dianalisis meliputi sepuluh saham terdiri dari saham-saham: PT. Indofood (INDF), PT. Darma Henwa (DEWA), PT. Astra Agra Lestari (AALI), PT. PP London Sumatera (LSIP), PT. Astra International Industry (ASII), PT. Turba Alam Manunggal Engineering (TRUB), PT. Honda Motor (HDMT), PT. Bank Mandiri (BMRI), PT. United Tractor (UNTR), dan PT. Bank rakyat Indonesia (BBRI). Selanjutnya, nama-nama saham tersebut secara berturut-turut diberi simbol S_1 sampai dengan S_{10}. Data indeks yang dipergunakan adalah Indeks Harga saham Gabungan (IHSG), dan data aset bebas risiko adalah obligasi. Data tersebut diakses melalui website http://www.finance.go.id//. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software*: MS Excel 2007, Eviews 4 dan R.

Metode Penelitian

Misalkan P_{it} menyatakan harga saham *i* pada waktu *t*, tingkat pengembalian (*return*) saham *i* pada waktu *t* dihitung menggunakan persamaan r_{it}=1n(P_{it}/P_{it}-1) dan tingkat pengembalian indeks pasar dihitung dengan r_{mt}=1n($IHSG_t$/$IHSH_{t-1}$) (Tsay, 2005).

$$(1-B)^d\, r_{mt} = a_{mt} \quad -0{,}5 < d < 0{,}5 \tag{1}$$

Pemodelan rata-rata. Untuk tingkat pengembalian r_{mt}, identifikasi efek *long memory* dilakukan dengan menggunakan metode *Range-Scale* (R/S). Untuk mengestimasi parameter

$$(1-B)^d = \sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k \binom{d}{k} B^k \quad \binom{d}{k} = \frac{d(d-1)\dots(d-k+1)}{k!} \tag{2}$$

diferensi fraksional *d* dilakukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood* (Tsay, 2005). Proses diferensi secara fraksional didefinisikan sebagai

$$r_{mt} = \psi_0 + \sum_{k=1}^{p} \psi_k r_{mt-k} + a_{mt} - \sum_{j=1}^{q} \theta_j a_{mt-j} \tag{3}$$

dengan $\{a_{mt}\}$ deret residual *white noise*, dan *B* menyatakan *backshape*. Teorema binomial pangkat pecahan yang digunakan adalah Jika deret diferensi fraksional $(1 - B)^d r_{mt}$ mengikuti model *autoregressive moving average* derajat *p* dan q, atau ditulis sebagai ARMA (*p,q*), dengan persamaan maka r_{mt} disebut proses *autoregressive fractionally integrated moving average* derajat *p* , *d* dan *q*, atau ditulis sebagai ARFIMA(*p,d,q*) (Tsay, 2005; Korkmaz *et al.*, 2009).

Adapun proses pemodelan rata-rata adalah sebagai berikut: (i) **Identifikasi model;** yaitu menetapkan nilai-nilai tentatif *p* dan *q* dengan menggunakan *correlogram*. (ii) **Estimasi parameter;** dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil atau metode maximum likelihood untuk mengestimasi model *autoregressive integrated moving average* (ARIMA). (iii) **Uji diagnosis;** yaitu dengan menguji apakah residual dari model rata-rata bersifat acak sehingga merupakan residual yang relatif kecil, atau residual bersifat *white noise.* (iv) **Prediksi;** yakni menggunakan model rata-rata yang dipilih untuk memprediksi *l* -langkah ke depan (Tsay, 2005).

Pemodelan variansi. Pemodelan variansi

$$a_{mt} = \sigma_{mt}\varepsilon_{mt} \quad \sigma^2_{mt} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m}\alpha_i a^2_{mt-i} + \sum_{j=1}^{s}\beta_j\sigma^2_{mt-j} + \varepsilon_{mt} \tag{4}$$

dilakukan dengan menggunakan model-model *generalized autoregressive conditional heteroscedastic* (GARCH). Untuk tingkat pengembalian *rmt*, misalkan $a_{mt}=r_{mt}-\mu_{mt}$ adalah residual tingkat pengembalian indeks pasar pada waktu *t*. Residual a_{mt} mengikuti model GARCH(*m,s*) jika

dengan $\{\varepsilon_{mt}\}$ barisan variabel acak saling bebas dan berdistribusi identik (iid) dengan rata-rata 0 dan variansi 1, $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i, \beta_j \geq 0$, dan $\sum_{i=1}^{\max(m,s)}(\alpha_i + \beta_j) < 1$ (Sukono dkk., 2009; Shi-Jie Deng, 2004; Tsay, 2005).

Proses pemodelan variansi dilakukan sebagai berikut: (i) **Estimasi model rata-rata;** yaitu mengestimasi dan memilih model rata-rata yang baik seperti dilakukan pada pemodelan rata-rata di atas. (ii) **Uji efek ARCH;** dilakukan pengujian efek ARCH terhadap residual dari model rata-rata dengan uji ARCH-LM. (iii) **Identifikasi model;** jika efek ARCH secara statistik signifikan, selanjutnya menetapkan nilai-nilai *m* dan *s* dengan bantuan *correlogram*. (iv) **Estimasi model;** yaitu mengestimasi secara serempak model rata-rata dan model variansi, dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil atau metode *maximum likelihood* untuk mengestimasi model GARCH(*m,s*). (v) **Uji diagnosis;** menguji apakah residual dari model variansi bersifat *white noise*. (vi) **Prediksi;** yakni menggunakan model rata-rata dan variansi

$$r_{it} = \omega + \phi_0 \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i (r_{mt-i} - r_{ft-i}) + u_{it} \tag{5}$$

yang dipilih untuk memprediksi rata-rata , $\hat{\mu}_{mh} = \hat{r}_{mh}(l)$, dan variansi, $\hat{\sigma}^2_{mh}(l)$, untuk *l* -langkah ke depan (Tsay, 2005).

Pemodelan CAPM terdistribusi Koyck. Model CAPM terdistribusi Koyck dibentuk

$$\lambda r_{it-1} = \omega + \phi_0 \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^{i+1}(r_{mt-i-1} - r_{ft-i-1}) + u_{it-1} \tag{6}$$

dengan persamaan

dengan $\{u_{it}\}$ barisan residual *white noise*,

$$r_{it} = \omega(1-\lambda) + \phi_0(r_{mt} - r_{ft}) + \lambda r_{it-1} + v_{it} \tag{7}$$

dan r_{ft} tingkat pengembalian aset bebas risiko (Franses & Van Oest, 2004; Allen & Bujang, 2009). Berdasarkan (5), akan dapat diperoleh persamaan Jika persamaan (5) dikurangi oleh persamaan (6), dan diselesaikan secara aljabar, akan menghasilkan persamaan

dengan $v_{it} = (u_{it} - \lambda u_{it-1})$ dan $\{v_{it}\}$ merupakan barisan residual yang *white noise*. Untuk mengestimasi parameter persamaan (7) dapat dilakukan dengan metode kuadrat terkecil atau metode *maximum likelihood* (Sukono dkk.,

$$\hat{\mu}_{it} = E(r_{it}) = \omega(1-\lambda) + \phi_0(\hat{\mu}_{mt} - \hat{\mu}_{ft}) + \hat{\mu}_{it-1} \tag{8}$$

$$\hat{\sigma}^2_{it} = Var(r_{it}) = \phi_0^2(\hat{\sigma}^2_{mt} - \hat{\sigma}^2_{ft}) + \lambda^2\hat{\sigma}^2_{it-1} + \hat{\sigma}^2_{vt} \quad \text{dan}$$

$$\hat{\sigma}_{it} = \sqrt{\phi_0^2(\hat{\sigma}^2_{mt} - \hat{\sigma}^2_{ft}) + \lambda^2\hat{\sigma}^2_{it-1} + \hat{\sigma}^2_{vt}} \tag{9}$$

2009).

Pemodelan Value-at-Risk. Menggunakan

$$VaR_{it} = -W_0(\hat{\mu}_{it} + z_{1-\alpha}\hat{\sigma}_{it}) \tag{10}$$

persamaan (7) dapat diestimasi nilai-nilai statistik rata-rata *it* $\hat{\mu}_{it}$ dan variansi $\hat{\sigma}^2_{it}$ serta deviasi standar $\hat{\sigma}_{it}$ sebagai berikut

Sehingga *Value-at-Risk* (VaR) dapat dirumuskan sebagai

Dengan W_0 besarnya investasi awal, dan $z_{1-\alpha}$ persentil dari distribusi normal standar dengan

$$C_{it} = \begin{cases} 1 + (r_{it} - VaR_{it})^2; & r_{it} > VaR_{it} \\ 0; & r_{it} \leq VaR_{it} \end{cases} \tag{11}$$

tingkat signifikansi α (Khindanova & Rachev, 2005; Dowd, 2002).

$$QPS_i = (2/n_i)\sum_{t=1}^{n_i}(C_{it} - p)^2 \tag{12}$$

Evaluasi kinerja VaR. Kinerja *VaR* dilakukan dengan menggunakan pendekatan Lopez II, sebagai berikut. Jika diberikan fungsi indikator kerugian maka fungsi *quadratic probability score* (*QPS*) diberikan dengan persamaan.

Dengan n_i banyaknya data saham *i*, dan *p* nilai probabilitas yang setara dengan 1 - α, dengan α tingkat signifikansi. Nilai statistik *QPS* diambil dalam rentang [0, 2], dan kinerja *VaR* dikatakan baik jika nilai *QPS* kecil mendekati 0 (Dowd, 2002).

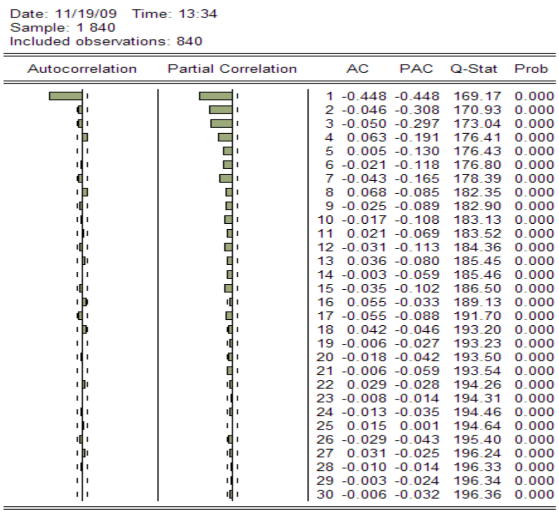
HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi model rata-rata IHSG. Dalam analisis, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) digunakan sebagai indeks pasar. Selanjutnya dihitung tingkat pengembalian indeks pasar, kemudian diidentifikasi efek *long memory*, diestimasi model rata-rata dan model variansi.

Identifikasi efek long memory. Untuk mengidentifikasi efek *long memory*, dilakukan dengan mengestimasi parameter diferensi fraksional *d* dalam persamaan (1). Estimasi dilakukan menggunakan metode Gewek dan Porter-Hudak, dengan bantuan *software* R. Hasil estimasi diperoleh nilai diferensi fraksional $\hat{d} = 0.3613183$ dan kesalahan standar $SE(d) = 0.1462239$. Untuk meyakinkan adanya pola *long memory*, dilakukan uji hipotesis $H_0 : \hat{\delta} = 0$ melawan $H_1 : \hat{\delta} \neq 0$. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh statistik $Z = 5{,}86$. Sedangkan untuk tingkat signifikansi $\alpha = 0{,}95$, berdasarkan distribusi normal standar diperoleh nilai $Z_{0{,}95} = 1{,}645$. Karena nilai Z lebih besar dari nilai $Z_{0{,}95}$, disimpulkan bahwa hasil uji adalah signifikan. Artinya data tingkat pengembalian indeks pasar mengikuti pola *long memory*. Interval konfidensi 95% untuk parameter diferensi fraksional $\hat{\delta}$ ditentukan berdasarkan rumus $\hat{d} - Z_{\alpha/2}.SE(d) < \hat{\delta} < \hat{d} + Z_{\alpha/2}.SE(d)$ dan hasilnya adalah $0.074719 < \hat{\delta} < 0.647917$. Karena $\hat{\delta}$ terletak dalam interval $-0{,}5 < \tilde{\delta} < 0{,}5$, disimpulkan bahwa $\hat{\delta}$ adalah benar signifikan. Langkah selanjutnya menggunakan nilai diferensi fraksional $\hat{d} = 0.3613183$ untuk estimasi model rata-rata dan model variansi.

Estimasi model rata-rata IHSG. Dalam bagian ini digunakan *software* Eviews 4 untuk estimasi model rata-rata. Data tingkat pengembalian indeks pasar yang telah didiferensi fraksional $\hat{d} = 0.3613183$ akan diestimasi model rata-ratanya. Tahap pertama adalah identifikasi dan estimasi model rata-rata. Identifikasi dilakukan dengan melalui sampel *autocorrelation function* (ACF) and *partial autocorrelation function* (PACF) data diferensi fraksional. Dari *correlogram* tingkat pengembalian indeks pasar (Tabel 1), terlihat bahwa ACF menurun secara dratis setelah *lag* 1. Sedangkan pola PACF menurun secara eksponensial setelah *lag* 1. Berdasarkan pada pola ACF dan PACF, model tentatif yang mungkin untuk data tingkat pengembalian indeks pasar adalah model-model AR(1), MA(1) dan ARMA(1,1). Dari estimasi model, dapat ditunjukkan bahwa yang terbaik adalah model ARMA(1,1). Merujuk pada (3), model ARMA(1,1) memiliki persamaan $r_{mt} = 0.239800 r_{mt-1} - 0.997450 a_{mt-1} + a_{mt}$, atau model ARFIMA(1,*d*,1), dimana $\hat{d} = 0.3613183$, dengan

Tabel 1. *Correlogram* data terdiferensi fraksional



Date: 11/19/09 Time: 13:34
Sample: 1 840
Included observations: 840

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.448	-0.448	169.17	0.000
		2	-0.046	-0.308	170.93	0.000
		3	-0.050	-0.297	173.04	0.000
		4	0.063	-0.191	176.41	0.000
		5	0.005	-0.130	176.43	0.000
		6	-0.021	-0.118	176.80	0.000
		7	-0.043	-0.165	178.39	0.000
		8	0.068	-0.085	182.35	0.000
		9	-0.025	-0.089	182.90	0.000
		10	-0.017	-0.108	183.13	0.000
		11	0.021	-0.069	183.52	0.000
		12	-0.031	-0.113	184.36	0.000
		13	0.036	-0.080	185.45	0.000
		14	-0.003	-0.059	185.46	0.000
		15	-0.035	-0.102	186.50	0.000
		16	0.055	-0.033	189.13	0.000
		17	-0.055	-0.088	191.70	0.000
		18	0.042	-0.046	193.20	0.000
		19	-0.006	-0.027	193.23	0.000
		20	-0.018	-0.042	193.50	0.000
		21	-0.006	-0.059	193.54	0.000
		22	0.029	-0.028	194.26	0.000
		23	-0.008	-0.014	194.31	0.000
		24	-0.013	-0.035	194.46	0.000
		25	0.015	0.001	194.64	0.000
		26	-0.029	-0.043	195.40	0.000
		27	0.031	-0.025	196.24	0.000
		28	-0.010	-0.014	196.33	0.000
		29	-0.003	-0.024	196.34	0.000
		30	-0.006	-0.032	196.36	0.000

persamaan $(1 - 0.239800B)(1 - B)^{0.3613183} r_{mt} = (1 + 0.997450B) a_{mt}$.

Tahap kedua, dilakukan uji diagnosis terhadap model ARMA(1,1). Uji diagnosis dilakukan menggunakan *correlogram* dari residual model ARMA(1,1) dan uji hipotesis Ljung-Box. Hasil uji menunjukkan bahwa residual model ARMA(1,1) adalah *white noise.* Lebih lanjut, dilakukan uji normalitas terhadap residual a_{mt}. Hasil uji menunjukkan bahwa a_{mt} berdistribusi normal. Sehingga tidak perlu untuk melihat model-model alternatif lainnya.

Estimasi model variansi IHSG. Dalam bagian ini juga digunakan *software* Eviews 4 untuk estimasi model variansi. Dalam tahap pertama, dilakukan deteksi keberadaan unsur *autoregressive conditional heteroscedasticity* (ARCH) terhadap residual $_{mt}$ dari model ARMA(1,1). Deteksi dilakukan dengan menggunakan metode uji ARCH-LM. Hasil deteksi menunjukkan bahwa nilai perhitungan χ^2 (obs * *R-Square*) adalah 3,921869 dengan probabilitas 0,0000 atau lebih kecil 5%, yang berarti terdapat unsur ARCH.

Tahap kedua, dilakukan identifikasi dan estimasi model variansi. Model variansi yang digunakan adalah model *generalized autoregressive conditional heterscedasticity* (GARCH) merujuk persamaan (4). Berdasarkan *correlogram* residual kuadrat a_{mt}^2, grafik ACF menurun secara gradual setelah *lag* 1, sedangkan grafik PACF turun secara dratis setelah *lag* 1. Berdasarkan hal tersebut, ditetapkan model variansi tentatif adalah GARCH(1,1), GARCH(1,1)-M dan GARC(2,2). Estimasi model variansi dilakukan secara serempak dengan model ARMA(1,1). Setelah dilakukan observasi berkali-kali dalam estimasi model variansi, akhirnya diperoleh model terbaik adalah ARMA(1,1)-GARCH(1,1) dengan hasil estimasi diberikan dalam Tabel 2.

Model tersebut memiliki persamaan rata-rata $-0,997326 a_{mt-1} + a_{mt}$ dan persamaan variansi

$$\sigma_{mt}^2 = 1,04 \times 10^{-8} + 0,077409 a_{mt-1}^2 \quad +0,886862 \sigma_{mt-1}^2 + \varepsilon_{mt}$$

. Dalam proses pemodel an variansi juga ditunjukkan bahwa $r_{mt} = 0,073579 r_{mt-1}$ berdasarkan uji ARCH-LM, residual ε_{mt} dari model ARMA(1,1)-GARCH(1,1) adalah *white noise.* Selanjutnya, persamaan rata-rata dan variansi tersebut digunakan untuk menghitung nilai-nilai $\hat{\mu}_{mt}(1) = \hat{r}_{mt}(1)$ dan $\hat{\sigma}_{mt}^2(1)$ 1-langkah ke depan secara rekursif.

Estimasi model regresi Koyck. Data yang digunakan dalam estimasi model regresi Koyck adalah tingkat pengembalian 10 saham (S_1 sampai dengan S10), tingkat pengembalian indeks pasar, dan tingkat pengembalian obligasi. Oleh karena tingkat pengembalian obligasi relatif konstan, nilai rata-ratanya diasumsikan konstan yaitu sebesar $\hat{\mu}_f = 0,009267$ dan varian-

Table 2. Estimasi Model Variansi

Dependent Variable: MARKET_RETURN_FRAC
Method: ML - ARCH (Marquardt)
Date: 11/16/09 Time: 21:21
Sample(adjusted): 2 840
Included observations: 839 after adjusting endpoints
Convergence achieved after 45 iterations
MA backcast: 1, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-5.30E-08	1.01E-07	-0.524440	0.6000
AR(1)	0.073579	0.039418	1.866624	0.0202
MA(1)	-0.997326	0.006387	-156.1553	0.0000
	Variance Equation			
C	1.04E-08	2.95E-09	3.514728	0.0004
ARCH(1)	0.077409	0.014473	5.348675	0.0000
GARCH(1)	0.886862	0.019993	44.35935	0.0000
R-squared	0.461803	Mean dependent var		-3.54E-07
Adjusted R-squared	0.458572	S.D. dependent var		0.000746
S.E. of regression	0.000549	Akaike info criterion		-12.27907
Sum squared resid	0.000251	Schwarz criterion		-12.24523
Log likelihood	5157.071	F-statistic		142.9519
Durbin-Watson stat	1.995953	Prob(F-statistic)		0.000000
Inverted AR Roots	.07			
Inverted MA Roots	1.00			

sinya $\hat{\sigma}_f^2 = 0$. Estimasi model regresi Koyck dilakukan menggunakan metode kuadrat terkecil. Hasil regresi Koyck untuk 10 saham (S_1 sampai dengan s_{10}) beserta koefisien determinasi R^2 dan variansi residual $\hat{\sigma}_{vi}^2$ diberikan dalam Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 tampak bahwa koefisien determinasi R^2 masing-masing saham nilainya di atas 85%. Hal tersebut menunjukkan bahwa antara tingkat pengembalian masing-masing 10 saham r^{it} berkorelasi kuat dengan tingkat pengembalian satu periode sebelumnya r_{it-1} dan premi risiko $(r_{mt} - 0,009267)$. Dalam analisis regresi tersebut juga dapat ditunjukkan bahwa uji ANOVA untuk masing-masing regresi dari 10 saham adalah signifikan, dan residualnya adalah *white noise*.

Selanjutnya, parameter-parameter dan variansi residual masing-masing regresi dalam Tabel-2 digunakan untuk mengestimasi nilai-nilai rata-rata dan deviasi standar masing-masing tingkat pengembalian 10 saham (S_1 sampai dengan s_{10}). Estimasi nilai-nilai rata-rata dilakukan dengan menggunakan persamaan (8). Sedangkan estimasi nilai-nilai deviasi standar dilakukan dengan menggunakan persamaan (9). Nilai-nilai rata-rata dan deviasi standar hasil estimasi, selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *Value-at-Risk* (*VaR*) menggunakan persamaan (10). Untuk perhitungan *VaR* disini digunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0,95$, sehingga dari tabel distribusi normal standar diperoleh nilai persentil $z_{1-\alpha} = -1,645$. Sedangkan untuk mengevaluasi kinerja *VaR* dilakukan *back test* dengan menggunakan persamaan-persamaan (11) dan (12). Hasil estimasi dan perhitungan tersebut diberikan dalam Tabel 4.

Pembahasan

Memperhatikan Tabel 4 tampak bahwa nilai *quadratic probability score* (QPS) masing-masing saham yang dianalisis adalah relatif kecil mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari *Value-at-Risk* (*VaR*) estimasi untuk masing-masing saham sudah cukup baik, sehingga diyakinkan dapat dipergunakan untuk analisis tingkat risiko investasi.

Tingkat pengembalian harapan 10 saham (S_1 sampai dengan S_{10}) tampak nilainya berkisar dari yang terkecil 0,000170 sampai dengan yang terbesar 0,128965. Sedangkan tingkat risiko, yang diukur menggunakan ukuran VaR_{it}, nilainya berkisar dari yang terkecil 0,036540 sapai dengan yang terbesar 0,104079. Risiko tersebut menggambarkan kemungkinan penyimpangan tingkat pengembalian yang sesungguhnya (*actual return*) dari tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*). Hanya menghitung tingkat pengembalian saja untuk suatu investasi tidaklah cukup. Risiko dari investasi juga perlu diperhitungkan. Tingkat pengembalian dan risiko merupakan dua hal yang tidak terpisahkan, karena pertimbangan suatu investasi merupakan

Tabel 3. Model regresi Koyck dan Variansi Residual

Saham	Model Regresi	R^2	$\hat{\sigma}_{vi}^2$
S_1	$r_{1t} = 0,00014 + 0,0402(r_{mt} - 0,009267) + 0,212 r_{1t-1} + v_{1t}$	95,4%	0,00204
S_2	$r_{2t} = 0,00350 + 0,0130(r_{mt} - 0,009267) + 0,131 r_{2t-1} + v_{2t}$	98,2%	0,00396
S_3	$r_{3t} = 0,036391 + 0,0661(r_{mt} - 0,009267) + 0,162 r_{3t-1} + v_{3t}$	94,6%	0,00132
S_4	$r_{4t} = 0,00017 + 0,0268(r_{mt} - 0,009267) + 0,153 r_{4t-1} + v_{4t}$	97,7%	0,00132
S_5	$r_{5t} = 0,00175 + 0,1100(r_{mt} - 0,009267) + 0,161 r_{5t-1} + v_{5t}$	97,2%	0,03384
S_6	$r_{6t} = 0,00250 + 0,4950(r_{mt} - 0,009267) + 0,131 r_{6t-1} + v_{6t}$	96,7%	0,00293
S_7	$r_{7t} = 0,00260 + 0,0690(r_{mt} - 0,009267) + 0,018 r_{7t-1} + v_{7t}$	86,7%	0,00348
S_8	$r_{8t} = 0,00127 + 0,0677(r_{mt} - 0,009267) + 0,109 r_{8t-1} + v_{8t}$	98,7%	0,00113
S_9	$r_{9t} = 0,00116 + 0,0014(r_{mt} - 0,009267) + 0,121 r_{9t-1} + v_{9t}$	98,5%	0,00140
S_{10}	$r_{10t} = 0,00162 + 0,0988(r_{mt} - 0,009267) + 0,127 r_{10t-1} + v_{10t}$	98,2%	0,00109

Tabel 4. Rata-rata, Deviasi Standar, *VaR* dan *QPS*

Saham	Rata-rata ($\hat{\mu}_{it}$)	Deviasi Standar ($\hat{\sigma}_{it}$)	*Value-at-Risk* (VaR_{it})	*QPS*
S_1	0,002330	0,046271	0,073787	0,118091
S_2	0,000470	0,063553	0,104079	0,120370
S_3	0,000170	0,037000	0,059158	0,103078
S_4	0,004250	0,036810	0,056302	0,095603
S_5	0,004470	0,034814	0,052792	0,094367
S_6	0,175610	0,128965	0,036540	0,180745
S_7	0,007510	0,059169	0,089805	0,035999
S_8	0,002450	0,034015	0,053500	0,103047
S_9	0,001239	0,037696	0,060767	0,076199
S_{10}	0,003880	0,033719	0,051579	0,103001

trade-off dari dua faktor tersebut. Tingkat pengembalian dan risiko biasanya mempunyai hubungan yang positif, semakin besar risiko yang harus ditanggung, semakin besar tingkat pengembalian yang harus dikonpensasikan.

Dari 10 saham (S_1 sampai dengan S_{10}) yang dianalisis terdapat dua saham yaitu S_2 dan S_6 yang memiliki kondisi yang berbeda. Saham S_2 memiliki tingkat pengembalian sebesar 0,000470, yakni merupakan tingkat pengembalian relatif kecil dibandingkat 9 saham lainnya, kecuali saham S_3, akan tetapi memiliki *VaR* sebesar 0,104079 adalah merupakan tingkat risiko yang paling besar dibandingkan 9 saham lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa saham S_2 memiliki tingkat fluktuasi atau tingkat ketidakpastian yang cukup besar. Sehingga investor hendaknya lebih berhati-hati dalam mempertimbangkan investasinya pada saham S_2. Sebaliknya, saham S_6 memiliki tingkat pengembalian sebesar 0,175610 adalah merupakan tingkat pengembalian yang terbesar dibandingkan 9 saham lainnya. Sedangkan nilai *VaR* sebesar 0,036540 adalah merupakan tingkat risiko terkecil dibandingkan 9 saham lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa saham S_6 memiliki tingkat fluktuasi atau tingkat ketidakpastian yang cukup rendah.

Berdasarkan perbandingan tingkat pengembalian dan tingkat risiko (*VaR*) dari 10 saham (S_1 sampai dengan S_{10}) yang dianalisis, saham S_2 dan saham S_3 memiliki tingkat pengembalian relatif kecil tetapi memiliki tingkat risiko relatif besar. Jadi merupakan investasi yang paling kurang aman. Saham-saham S_1, S_4, S_5, S_7, S_8, S_9 dan S_{10} memiliki tingkat pengembalian relatif sedang, demikian pula tingkat resikonya juga relatif sedang. Saham S_6 memiliki tingkat pengembalian cukup besar, tetapi tingkat risikonya cukup kecil. Dengan demikian saham S_6 relatif paling aman untuk berinvestasi dibandingkan 9 saham lainnya.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa data tingkat pengembalian indeks pasar terdapat efek *long memory* dengan diferensi fraksional $\hat{d} = 0.3613183$. Model rata-rata dan variansi tingkat pengembalian indeks pasar mengikuti model ARMA(1,1)-GARCH(1,1). Masing-masing tingkat pengembalian r_{it} dari 10 saham (S_1 sampai dengan S_{10}) berkorelasi kuat dengan tingkat pengembalian satu periode sebelumnya r_{it}-1 dan premi risiko $(r_{mt} - \mu_f)$. Dibawah CAPM berdistribusi Koyck, masing-masing tingkat pengembalian dari 10 saham (S_1 sampai dengan s_{10}) menghasilakan perhitungan *VaR* relatif kecil, dan menunjukkan kinerja *VaR* yang cukup tepat karena nilai *QPS* masing-masing relatif kecil (mendekati nol). Dari 10 saham (S_1 sampai dengan S_{10}), risiko terkecil adalah pada saham S_6 dengan nilai *VaR*=0,036540, sedangkan risiko terbesar pada saham S_2 dengan nilai *VaR*=0,104079.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Jurusan Matematika FMIPA UGM dan UNPAD yang telah menyediakan fasilitas laboratorium komputer dan internet untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Allen, D.E. & Bujang, I. (2009). Conditional Beta Capital Asset Pricing Model (CAPM) and Duration Dependece Test. *Working Paper.* 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cains, Australia 13-17 July 2009. http://www.mssanz.org.au/modsim09. (Downloaded in January 2010).

Alexader, C. (Editor). (1999). *Risk Management and Analysis*. Volume 1 : Measuring and Modelling Financial Risk. New York: John Wiley & Sons Inc.

Cheng, S., Liu, Y., & Wang, S. 2004. Progress in Risk Measurement. *AMO-Advanced Modelling and Optimization,* Volume 6, Number 1, 2004.

Dowd, K. (2002). *An Introduction to Market Risk Measurement.* New Delhi, India: John Wiley & Sons, Inc.

Denuit, D., Dhaene, J., Goovaerts, M., Kaas, R. & Laeven, R. (2005). Risk Measurement With Equivalent Utility Principles. http://www.papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=880007 (Downloaded in January 2007).

Elton, E.J. & Gruber, M.J. (1991). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis,* Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Firnandez, V. (2002). The CAPM Value at Risk Different Time Scales. *Working Paper.* Center for Applied Economics (CEA), Department of Industrial Engineering at the University of Chile. . http://www.dii.uchile.cl/~ceges/ publicaciones/ceges57.pdf. (Downloaded in October 2007).

Froot, K.A., Venter, G.G. & Major, J.A. (2007). Capital and Value of Risk Transfer. *Working Paper.* New York: Harvard Business School, Boston, MA 02163. Http://www.people.hbs.edu/kfroot/. (Downloaded in December 2009).

Franses, P.H. & Van Oest, R. (2004). On the Econometrics of the Koyck Model. *Econometric Institute Report 2004-07.* http://www.publishing.eur.nlfir/asset/1190/ei200407.pdf. (Downloaded in December 2009).

Hanafi, M.M. (2006). *Manajemen Risiko.* Yogyakarta: UPP STIM YKPN.

Jogiyanto, H.M. (2007). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi.* Edisis 2007. Yogyakarta: BPFE.

Korkmaz, T., Cevic, E.I. & Ozatac, N. (2009). Testing for Long Memory in ISE Using ARFIMA-FIGARCH Model and Structural Break Test. *International Research Journal of Finance and Economics.* ISSN 1450-2887 Issue 26 (2009). http://www.Eurojournals.com/finance.htm.

Kang, S.H. & Yoon, S-M. (2007). Value-at-Risk Analysis of the Long Memory Volatility Process: The Case of Individual Stock Return. *Working Paper.* School of Commerce, University of South Australia. . http://www.korfin.org/ data/journal/21-1-04.pdf. (Downloaded in February 2008).

Khindanova, I.N. & Rachev, S.T., Value at Risk : Recent Advances, *Working Paper,* University of California, Santa Barbara and University of Karlsruhe, Germany, 2005. http://www.econ.ucsb.edu/papers/wp3-00.pdf... (Down-loaded in November 2008).

Sukono, Subanar & Dedi D. (2006). A GARCH Approach to VaR Calculation in Financial Market. *Working Paper.* Presented in The First International Conference on Mathematics and Statistics (ICoMS-1) in Bandung, West Java, Indonesia, June 19-21, 2006.

Sukono, Subanar & Rosadi, D. (2009). Mean-VaR Portfolio Optimization under CAPM by Non Constan Volatility in Market Return. *Working Paper.* Presented in 5th International Conference on Mathematics, Statistics and Their Application at Andalah University, Padang, West Sumatera-Indonesia, June 9-11, 2009.

Shi-Jie Deng. (2004). Heavy-Tailed GARCH models: Pricing and Risk Management Applications in Power Market. *IMA Control & Pricing in Communication & Power Networks.* 7-17 Mar. 2004. http://www.ima.umn. edu/talks/.../deng/power_workshop_ima032004-deng.pdf. (Downloaded in March 2007).

Tsay, R.S. (2005). *Analysis of Financial Time Series.* Second Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Yuliati, S.H., Prasetyo, H., & Tjiptono, F. (1996). *Manajemen Portofolio dan Analisis Investasi.* Yogyakarta: ANDI.